



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 47 701 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
F 02 P 23/04

②① Aktenzeichen: 197 47 701.1
②② Anmeldetag: 29. 10. 97
④③ Offenlegungstag: 12. 5. 99

⑦① Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE.

⑦② Erfinder:
Weniger, Manfred, Prof. Dr., 38364 Schöningen, DE;
Gloger, Jürgen, 38518 Gifhorn, DE; Krain,
Waldemar, 38110 Braunschweig, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

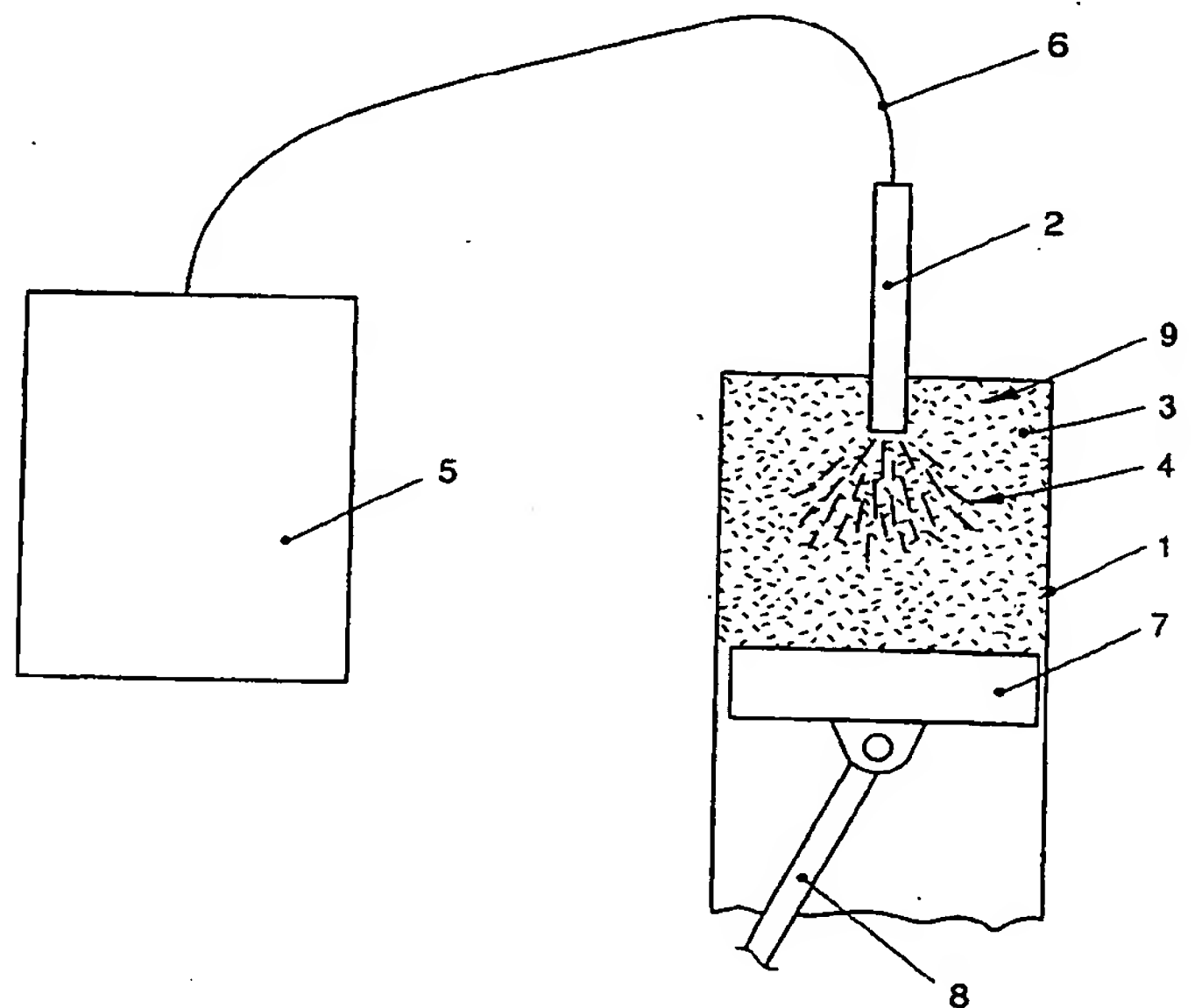
DE	1 96 38 787 A1
DE	25 43 125 A1
EP	02 11 133 B1
JP	57-1 86 067 A
JP	59-70 886 A
JP	55-7 972 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Plasmastrahl-Zündung für Verbrennungskraftmaschinen

⑤⑦ Die Erfindung gibt ein Verfahren zur Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches (3) in Verbrennungskraftmaschinen mit einer Plasmastrahl-Zündeinrichtung an, die mindestens eine bereichsweise im Inneren eines Brennraumes (9) einer Verbrennungskraftmaschine angeordnete Elektrode (2) aufweist, die mit einem Hochfrequenz-erzeuger (5) elektrisch verbunden ist, wobei in einem im Brennraum (9) befindlichen Kraftstoff-Luft-Gemisch (3) durch ein von dem Hochfrequenz-erzeuger (5) bereitgestelltes Hochfrequenzfeld ein Plasma (4) erzeugt wird. Hierbei wird das Hochfrequenzfeld derart auf eine hohe Spannung geregelt, daß sich an der Elektrode (2) in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch (3) gleichzeitig eine Mehrzahl hochohmiger Plasmafäden (4) kurzer Dauer ausbilden. Darüber hinaus wird eine Plasmastrahl-Zündeinrichtung für den Einsatz bei dem erfindungsgemäßen Verfahren angegeben, bei der die Geometrie der mindestens einen Elektrode (2) Feldstärkeüberhöhungen des Hochfrequenzfeldes hervorruft, die zur Bildung kurzzeitiger Plasmafäden (4) in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch (3) führen.



DE 197 47 701 A 1

REST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches in Verbrennungskraftmaschinen gemäß Oberbegriff des Anspruches 1 sowie eine Plasmastrahl-Zündeinrichtung gemäß Oberbegriff des Anspruches 15.

Zur Entzündung von Kraftstoff-Luft-Gemischen in Verbrennungskraftmaschinen werden in Ottomotoren fast ausschließlich Zündanlagen mit konventionellen Spulenzündungen und Zündkerzen verwandt. Bei derartigen Systemen erzeugt die von der Zündspule bereitgestellte Zündenergie, die im Brennraum des Motors freigesetzt wird, eine Funkenentladung zwischen eng benachbarten Elektroden von Zündkerzen, bei der als Nachteil relativ hohe Wärmeverluste an den Zündkerzenelektroden auftreten. Die Übertragung der Zündenergie auf das Kraftstoff-Luft-Gemisch erfolgt durch direkten Kontakt des Zündfunken mit dem Kraftstoff-Luft-Gemisch, wodurch eine Ausbildung von Flammenkernen nur in direkter Umgebung der Elektroden der Zündkerzen stattfindet. Zudem kann durch den Kontakt mit den relativ kalten Zündkerzenelektroden eine partielle Auslöschung des Flammenkernes erfolgen. Derartige als Quenchverluste bezeichnete Verluste lassen sich bei den konventionellen Zündsystemen nicht vermeiden.

Reicht die trotz Quenchverlusten verbleibende Zündenergie unter normalen Betriebszuständen des Motors für eine sichere Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches aus, so können in bestimmten Betriebsbereichen oder Betriebsarten des Motors Gemischzusammensetzungen auftreten, die mit derartigen Zündverfahren nicht mehr sicher gezündet werden können. Insbesondere zunehmende Anforderungen an Verbrennungskraftmaschinen durch den Umweltschutz, wie verringertem Schadstoffausstoß und besserer Ausnutzung des Kraftstoffes, lassen sich vor allem dadurch erreichen, daß der Motor im sog. Magerbereich betrieben wird, also im Bereich einer Verringerung des Kraftstoffanteils am Kraftstoff-Luft-Gemisch. Derartige Gemische sind generell aber schwieriger zu zünden als fettere Gemische, da die Geschwindigkeit der sich nach der Zündung im Gemisch ausbreitenden Flammenfront bei einem mageren Gemisch geringer als bei einem fetten Gemisch ist. Es kommt somit bei konventionellen Zündsystemen zu unvollständiger Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches oder sogar komplettem Ausbleiben der Zündung und damit zu Verlusten eines Arbeitstaktes. Somit wird die Grenze der Abmagerung des Gemisches mit zunehmender Abmagerung durch einen rauen Lauf des Motors infolge von Zündaussetzern bestimmt. Um auch bei aus Umweltschutzgründen erwünschten Magergemischen oder in homogenen Gemischen eine sichere Zündung des Gemisches zu erreichen, müssen die konventionellen Zündanlagen verbessert oder ersetzt werden.

Eine Möglichkeit der Verbesserung des Zündverhaltens besteht nach der DE 196 36 712 A1 darin, eine Mehrzahl von Zündelektroden gleichzeitig im Brennraum anzuordnen und mit der Zündspannung zu beaufschlagen. Derartige Zündsysteme bilden dabei mehrere Flammenkerne gleichzeitig aus und erreichen damit eine Zündzone größerer Erstreckung, die eine sichere Zündung auch problematischer Gemischsysteme erlauben soll. Nachteilig hieran ist insbesondere der hohe konstruktive Aufwand zur Bereitstellung geeigneter Zündkerzen sowie der benötigte Bauraum am Motor selbst.

Es sind weiterhin Zündverfahren für die Zündung von Kraftstoff-Luft-Gemischen bei Verbrennungskraftmaschinen bekannt, bei denen mit Hilfe von Plasmaentladungen thermische Energie in den Brennraum eingebracht und dadurch das Gemisch gezündet wird. Bei derartigen Plasma-

zündungen wird durch eine in einen Brennraum hineinragende Elektrode das in dem Brennraum befindliche Gemisch dadurch gezündet, daß das Gemisch durch ein Hochfrequenzfeld ausreichender Energie auf eine reaktionsfähige Temperatur gebracht wird, indem das Gas durch das von der Elektrode in den Brennraum eingebrachte Hochfrequenzfeld in den elektrisch leitfähigen Plasmazustand gelangt.

Aus der EP 0 211 133 B1 ist eine derartige Einrichtung bekannt, mit der ein solches Plasma eng begrenzt in dem Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine erzeugt wird und durch Variation der zugeführten Energie bzw. Frequenz des an der Elektrode anliegenden Hochfrequenzfeldes die benötigte Zündtemperatur für das Gemisch in einem wählbaren Raumvolumen bereitgestellt wird. Nachteilig an der beschriebenen Einrichtung ist es, daß zur Erzielung ausreichender Energiedichten das Plasma räumlich eng begrenzt erzeugt werden muß und das Plasma sich wegen der beschriebenen längerdauernden Entladung im wesentlichen im physikalischen Gleichgewicht befindet. Hierdurch wird gerade bei mageren Gemischen keine ausreichende Zündsicherheit des gesamten Gemisches gewährleistet, wodurch auch eine unvollständige Verbrennung des Gemisches hervorgerufen werden kann. In der DE 40 28 869 A1 wird zur Erzielung einer ausreichend hohen Energiedichte des Plasmas die Plasmaentladung ausschließlich in einer in dem Elektrodenkörper zurückliegend angeordneten Zündkammer erzeugt wodurch ein Einwirken auf größere Bereiche des Gemisches und damit eine Erhöhung der Zündsicherheit nicht möglich ist. Zur Überwindung derartiger Probleme auch bei wechselnden Belastungen des Motors wird in der DE 31 29 954 C2 vorgeschlagen, eine Abstimmung der Plasmaerzeugung auf die jeweiligen Betriebsbedingungen des Motors vorzunehmen, um auch bei ungünstigen Betriebsbedingungen eine sichere Zündung zu gewährleisten.

Zur Verbesserung der Einwirkung eines vorteilhaft in einer Brennraumvertiefung erzeugten Plasmastrahles wird in der DE 37 13 368 C2 vorgeschlagen, durch die Einwirkung eines das Plasma in den Brennraum hineintreibenden Magnetfeldes eine Vergrößerung des Einwirkbereiches des Plasmas auf das zu zündende Gemisch hervorzurufen. Durch eine derartige Vorgehensweise wird die Plasmaerzeugung und -leitung komplizierter und es wird der apparative Aufwand stark erhöht.

Allen bekannten Plasmastrahl-Zündeinrichtungen ist dabei gemeinsam, daß die Bildung des Plasmas räumlich begrenzt in der Nähe der Elektrode erfolgt und daher die Ausbreitung der Flammenfront nicht grundsätzlich anders als bei herkömmlichen Zündkerzen und damit nicht für alle Betriebszustände des Motors schnell genug erfolgt.

Es ist daher Aufgabe der folgenden Erfindung, ein Verfahren zur Zündung mit Hilfe einer Plasmastrahl-Zündeinrichtung derart weiterzubilden, daß sich eine Verbesserung des Zündverhaltens auch bei schlecht zu zündenden Kraftstoff-Luft-Gemischen ergibt und die Betriebssicherheit des Motors auch in gemischmäßig ungünstigen Motorzuständen erhöht wird.

Die Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe ergibt sich bezüglich des Verfahrens aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 in Zusammenwirken mit den Merkmalen des Oberbegriffs sowie hinsichtlich der vorrichtungsmäßigen Gestaltung der Plasmastrahl-Zündeinrichtung nach den Merkmalen des Anspruches 15. Die Unteransprüche beschreiben jeweils bevorzugte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der Plasmastrahl-Zündeinrichtung.

Bei der erfindungsgemäßen Lösung nach Anspruch 1 wird ein Verfahren zur Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches in Verbrennungskraftmaschinen vorgeschlagen, das

in Zusammenwirken mit einer Plasmastrahl-Zündeinrichtung angewendet wird, die mindestens eine bereichsweise im Inneren eines Brennraumes einer Verbrennungskraftmaschine angeordnete Elektrode aufweist. Diese Elektrode ist mit einem Hochfrequenzgeber elektrisch verbunden, wobei in einem im Brennraum befindlichen Kraftstoff-Luft-Gemisch durch ein von dem Hochfrequenzgeber bereitgestelltes Hochfrequenzfeld ein Plasma erzeugt wird. Hierbei wird in erfindungsgemäßer Weise das Hochfrequenzfeld derart auf eine hohe Spannung geregelt, daß sich an der Elektrode in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch gleichzeitig eine Mehrzahl hochohmiger Plasmafäden kurzer Dauer ausbilden. Im Gegensatz zu den bekannten Verfahren zur Zündung mittels Plasmen, die im wesentlichen durch längerbrennende, stationäre Plasmen erzeugt werden, wird durch die hochfrequenten und von hoher Spannung hervorgerufenen Plasmaentladungen eine Anzahl sich kurzzeitig und intensiv ausbildender Plasmafäden gebildet, die zu kurzzeitigen, intensiven Entladungen des Plasmas führen und viele Flammenkerne in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch hervorrufen, wodurch sich ein besonders gutes Zündverhalten des Kraftstoff-Luft-Gemisches erreichen läßt.

In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird das Hochfrequenzfeld derart betrieben, daß sich das in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch im Brennraum gebildete Plasma thermisch nicht im Gleichgewicht befindet. Durch die erfindungsgemäße Regelung des Hochfrequenzfeldes wird erreicht, daß sich kein stationäres Plasma und dadurch keine gleichmäßige Plasmaentladung geringer Intensität ausbildet, die nur eine geringere Zündeignung aufweist. Statt dessen wird aufgrund der hohen Frequenz erreicht, daß sich kurzzeitige, lokale hochohmige Plasmaentladungen in Form von Plasmafäden ausbilden, die intensive Flammenkerne zur Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches hervorrufen. Zwar wirken diese Plasmafäden nur kurzzeitig, dafür aber aufgrund ihrer Anzahl in dem der Elektrode benachbarten Bereich bei der hohen Potentialdifferenzen besonders intensiv.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung wird das Hochfrequenzfeld mit einer Frequenz im MHz-Bereich betrieben. Eine derart hohe Frequenz trägt zur Bildung des instationären, sich nicht im thermischen Gleichgewicht befindlichen Plasmas bei, bei der Ausgleichsvorgänge durch Entladungen in Form von hochohmigen Plasmafäden und damit einer intensiven Flammenkernbildung des Kraftstoff-Luft-Gemisches erfolgen.

Besonders günstig ist es, wenn das Plasma durch ein Hochfrequenzfeld mit einem steil ansteigenden, impulsförmigen Verlauf erzeugt wird, bei dem in weiterer Ausgestaltung der steil ansteigende impulsförmige Verlauf auf Werte kleiner oder gleich etwa 500 V/µs begrenzt wird. Durch derartige Spannungsverläufe wird die Bildung der hochohmigen, nur kurzzeitig brennenden Plasmafäden begünstigt.

In einer anderen Weiterbildung wird das Hochfrequenzfeld auf einen im wesentlichen sinusförmigen Verlauf ausgeregt, der im Bereich der Flanken der Sinusfunktion einen steil ansteigenden Verlauf aufweisen kann.

Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Plasmafäden aus Korona- und/oder Streamer-Entladungen an der Elektrode gebildet werden. Hierbei können sich in einer Weiterbildung die Plasmafäden von der Elektrode büschelförmig divergierend in das Kraftstoff-Luft-Gemisch ausbreiten. Eine derartige Ausbreitung der Plasmafäden in dem nicht im thermischen Gleichgewicht befindlichen Plasma aufgrund der Regelung der Spannung des Hochfrequenzfeldes ruft vorteilhafterweise eine großvolumige Ausbreitung von Flammenkernen hervor, durch die das Kraftstoff-Luft-Gemisch ebenfalls großvolumig gezündet wird. Hierdurch werden auch

von der mindestens einen Elektrode weiter entfernten Volumina des Kraftstoff-Luft-Gemisches im Brennraum sicher gezündet, wodurch zum einen eine unvollständige Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches vermieden und gleichzeitig die Zündsicherheit auch bei zündungünstigen Gemischen erhöht wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung bilden sich die Plasmafäden zwischen einer einzelnen Elektrode und dem Kraftstoff-Luft-Gemisch im Brennraum aus. Es ist auch vorsehbar, daß die Plasmafäden sich zwischen mehreren im Brennraum angeordneten Elektroden ausbilden.

Hierbei können in einer Weiterbildung an der Elektrode Barriereentladungen und/oder strömbegrenzende Hochspannungserzeuger vorgesehen werden, die ansonsten eine auch an konventionellen Zündkerzen vor sich gehende Funkenentladung mit nur geringer Zündsicherheit sicher verhindern und die Ausbildung der büschelförmig divergierenden Plasmafäden ermöglichen.

Weitere Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den weiteren Unteransprüchen angegeben.

Eine erfindungsgemäße Plasmastrahl-Zündeinrichtung für den Einsatz bei dem Verfahren gemäß Anspruch 1 zeichnet sich dadurch aus, daß die Geometrie der mindestens einen Elektrode Feldstärkeüberhöhungen des Hochfrequenzfeldes hervorruft, die zu Bildung kurzzeitiger Plasmafäden in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch führen. Eine derartige Konzentration der Wirkungen des Hochfrequenzfeldes auf lokal sich bildende, hochohmige Plasmafäden erlaubt ein sicheres Zünden auch von hinsichtlich ihrer Gemischzusammensetzungen ungünstigen Kraftstoff-Luft-Gemischen.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Plasmastrahl-Zündeinrichtung kann die Plasmastrahl-Zündeinrichtung eine oder eine Vielzahl von Elektroden aufweisen. Je nach zu zündendem Kraftstoff-Luft-Gemisch sowie Betriebszuständen des Motors kann die Anordnung von einer oder mehrerer Elektroden im Brennraum vorgesehen werden, wobei in einer weiteren Ausgestaltung die Geometrie der Elektroden so ausgebildet sein kann, daß eine große Anzahl von Mikroentladungen zur Plasmaerzeugung hervorgerufen wird.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Plasmastrahl-Zündeinrichtung in Form einer über die ganze Lebensdauer des Motor betreibbaren Zündkerze ausgeführt ist, die aufgrund der nur geringen benötigten Zündenergie nur geringem Verschleiß unterliegt und dadurch ein Auswechseln wie z. B. von üblichen Zündkerzen nach nur geringen Laufleistungen überflüssig macht.

Von besonderem Vorteil ist es, wenn das Verfahren gemäß Anspruch 1 in Magermotoren, Schichtlademotoren oder Dieselmotoren verwendet wird, da hierdurch die Gemischzündung dieser zündmäßig nicht unproblematischen Motoren deutlich verbessert werden kann.

Eine besonders vorteilhafte Ausbildung der erfindungsgemäßen Plasmastrahl-Zündeinrichtung unter Nutzung des erfindungsgemäßen Verfahrens für Brennkraftmaschinen zeigt die Zeichnung.

Es zeigt:

Fig. 1 einen Schnitt durch den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine mit darin angeordneter erfindungsgemäßer Plasmastrahl-Zündeinrichtung.

In der einzigen Fig. 1 ist in einer schematischen Darstellung eine erfindungsgemäße Plasmastrahl-Zündeinrichtung aufgezeigt, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß Anspruch 1 betrieben wird.

Hierbei ist ein an sich bekannter und daher hier nicht näher beschriebener Hochfrequenzgeber 5 dargestellt, der über ein elektrisches Verbindungskabel 6 mit einer Elektrode 2 verbunden ist. Diese Elektrode 2 ist derart in einem

Brennraum 9 z. B. eines Zylinders 1 eines nur in Teilen dargestellten Verbrennungskraftmotors bekannter Bauart angeordnet, daß sie mit ihrem einen Ende in den Brennraum 9 hineinragt und dort mit einem Kraftstoff-Luft-Gemisch 3 in Berührung kommt, das mit nicht weiter dargestellten Füll-
einrichtungen in den Brennraum 9 eingefüllt wird. Der Brennraum 9 ist in bekannter Weise durch einen Kolben 7 kurbelseitig abgeschlossen, an dem in ebenfalls bekannter Weise die Kurbel 8 drehbar angreift.

Das in dem Brennraum 9 befindliche Kraftstoff-Luft-Gemisch 3 wird nun durch die Elektrode 2 durch eine im Ganzen mit 4 bezeichnete, noch näher erläuterte Plasmaentladung 4 gezündet. Die Plasmaentladung 4 wird hervorgerufen durch das Hochfrequenzfeld, das der Hochfrequenz-
zeuger 5 bei gleichzeitig hoher Spannung an die Elektrode 2 überträgt. Im Umfeld der Elektrode 2 im Inneren des Brennraumes 9 wird hierdurch das Kraftstoff-Luft-Gemisch 3 elektrisch leitfähig durch Ionisierung der Gemischpartikel.

In erfindungsgemäßer Weise bildet sich dabei das Plasma 4 in Form eines nicht im thermischen Gleichgewicht befindlichen Plasmas 4 aus, das eine Anzahl gleichzeitig brennender hochohmiger Plasmafäden 4 in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch 3 hervorruft. Diese hochohmigen Plasmafäden stellen kurzzeitige, sehr intensive Entladungen dar, die nur einen Teil der Potentialdifferenz des Hochfrequenzfeldes abbauen und lokal zu einer starken Ausbildung von Flammenkernen in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch 3 führen.

Die Plasmafäden 4 werden durch eine aus der Fig. 1 nicht weiter hervorgehende Ausgestaltung der Elektrode 2 dabei in einer büschelförmig divergierenden Weise im Bereich der Elektrode 2 ausgebildet, so daß sich die Plasmafäden 4 nicht wie bei den bekannten Plasmazündern nur lokal eng begrenzt ausbilden, sondern die Plasmafäden 4 in einem weiteren Umfeld Flammenkerne hervorrufen. Hierdurch wird ein großvolumiger Anteil des Kraftstoff-Luft-Gemisches 3 in dem Brennraum 9 durch viele kleine Flammenkerne gezündet und kann dadurch schnell und weitgehend vollständig verbrennen. Hierdurch wird es möglich, neben dem sicheren Zünden auch zündmäßig problematischer Kraftstoff-Luft-Gemische 3 eine besonders umweltverträgliche Verbrennung hervorzurufen.

Bezugszeichenliste

1 Brennraum	45
2 Elektrode	
3 Kraftstoff-Luft-Gemisch	
4 Plasma/Plasmafäden	
5 Hochfrequenzzeuger	
6 Verbindungskabel	50
7 Kolben	
8 Kurbel	
9 Brennraum	

Patentansprüche

1. Verfahren zur Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches (3) in Verbrennungskraftmaschinen mit einer Plasmastrahl-Zündeinrichtung, die mindestens eine bereichsweise im Inneren eines Brennraumes (9) einer Verbrennungskraftmaschine angeordnete Elektrode (2) aufweist, die mit einem Hochfrequenzzeuger (5) elektrisch verbunden ist, wobei in einem im Brennraum (9) befindlichen Kraftstoff-Luft-Gemisch (3) durch ein von dem Hochfrequenzzeuger (5) bereitgestelltes Hochfrequenzfeld ein Plasma (4) erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Hochfrequenzfeld derart auf eine hohe Spannung geregelt wird, daß sich

an der Elektrode (2) in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch (3) gleichzeitig eine Mehrzahl hochohmiger Plasmafäden (4) kurzer Dauer ausbilden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich das in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch (3) im Brennraum (9) gebildete Plasma (4) thermisch nicht im Gleichgewicht befindet.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Hochfrequenzfeld mit einer Frequenz im MHz-Bereich betrieben wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Hochfrequenzfeld auf einen steil ansteigenden, impulsförmigen Verlauf geregelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der steil ansteigende impulsförmige Verlauf mindestens etwa 1 kV/µs beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Hochfrequenzfeld auf einen im wesentlichen sinusförmigen Verlauf geregelt wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Plasmafäden (4) aus Korona- und/oder Streamer-Entladungen an der Elektrode (2) gebildet werden.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Plasmafäden (4) von der Elektrode (2) büschelförmig divergierend in das Kraftstoff-Luft-Gemisch (3) ausbreiten.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Kraftstoff-Luft-Gemisch (3) durch die büschelförmig divergierenden Plasmafäden (4) großvolumig gezündet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Plasmafäden (4) sich zwischen einer einzelnen Elektrode (2) und dem Kraftstoff-Luft-Gemisch (3) im Brennraum (9) ausbilden.

11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Plasmafäden (4) sich zwischen mehreren im Brennraum (9) angeordneten Elektroden (2) ausbilden.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an der Elektrode (2) Funkenentladungen durch Barriereentladungen und/oder durch strombegrenzende Hochspannungserzeuger (5) vermieden werden.

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nur eine geringe Zündenergie für die Bildung des Plasmas (4) benötigt wird.

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch (3) durch die Plasmafäden (4) aktivierte Moleküle und/oder Radikale entstehen, so daß nach der Verbrennung die Schadstoffe in dem verbrannten Kraftstoff-Luft-Gemisch (3) reduziert sind.

15. Plasmastrahl-Zündeinrichtung für den Einsatz bei dem Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Geometrie der mindestens einen Elektrode (2) Feldstärkeüberhöhungen des Hochfrequenzfeldes hervorruft, die zu Bildung kurzzeitiger Plasmafäden (4) in dem Kraftstoff-Luft-Gemisch (3) führen.

16. Plasmastrahl-Zündeinrichtung gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Plasmastrahl-Zündeinrichtung eine oder eine Vielzahl von Elektroden (2) aufweist.

17. Plasmastrahl-Zündeinrichtung gemäß Anspruch

16. dadurch gekennzeichnet, daß die Geometrie der Elektroden (2) so ausgebildet ist, daß eine große Anzahl von Mikroentladungen zur Erzeugung des Plasmas (4) hervorgerufen wird.

18. Plasmastrahl-Zündeinrichtung gemäß einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Plasmastrahl-Zündeinrichtung in Form einer über die ganze Lebensdauer des Motors betreibbaren Zündkerze ausgeführt ist.

19. Verwendung des Verfahrens gemäß Anspruch 1 in Magermotoren, Schichtlademotoren oder Dieselmotoren.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

BEST AVAILABLE COPY

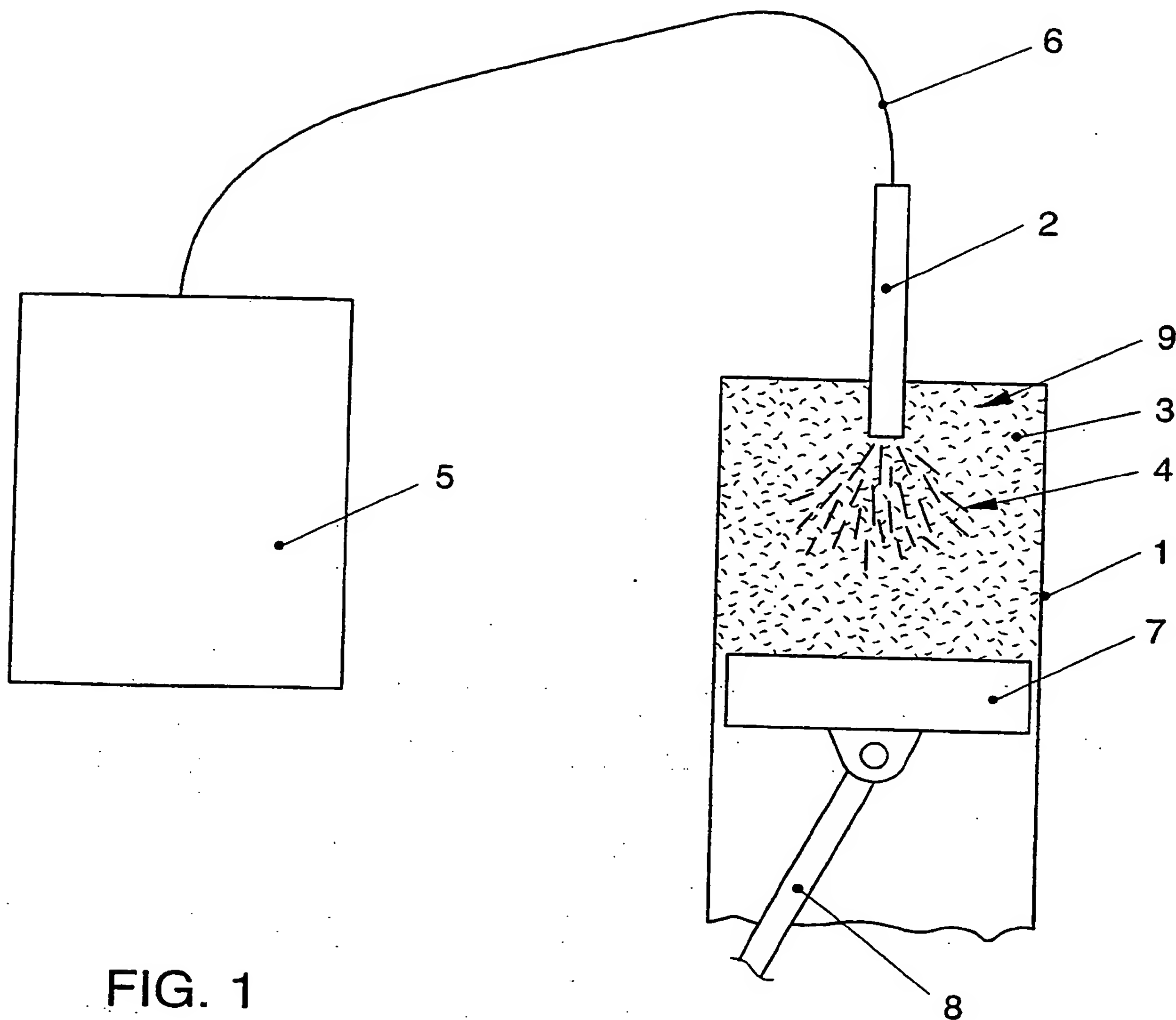


FIG. 1